

УДК 504.4.054 (470.3)

СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ ВОДЫ ИЗ РЕКИ ТВЕРЦА (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А.Ф. Мейсурова

Тверской государственный университет, Тверь

Загрязнение больших рек в значительной мере обусловлено наличием разветвленной сети притоков. Однако современная система регионального мониторинга состояния водных объектов в России не охватывает большинства малых рек. Оценка их состояния может осуществляться благодаря организации общественного экологического мониторинга. В рамках такого мониторинга с помощью атомно-эмиссионного с индуктивно связанной плазмой анализа (АЭС–ИСП–анализ) определено содержание металлов в р. Тверца, которая является одним из крупных притоков р. Волга. В пробах воды из р. Тверца, взятых в пределах нескольких промышленных центров, обнаружено 25 металлов (Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr). Концентрации большинства металлов в водотоке не превышают нормативные показатели. Их превышение выявлено по четырем металлам (As, Sb, Se и Fe). Более высокий уровень загрязнения металлами отмечен в пределах г. Твери.

Ключевые слова: метод АЭС-ИСП, металлы, загрязнение воды, река Тверца, Тверская область, промышленные центры, Вышний Волочек, Торжок, Тверь.

Введение. Река Тверца является крупным притоком р. Волга в ее верхнем течении (Река Тверца ..., 2013). Ее длина составляет 188 км, площадь бассейна – 6510 км². Река является частью искусственной Вышневолоцкой водной системы и имеет большое значение в гидрологической сети Тверской обл. Истоки рр. Тверцы (бассейн Каспийского моря) и Мсты (бассейн Балтийского моря) соединены Тверецким каналом, который расположен в г. Вышний Волочек. Тверца впадает в р. Волгу в пределах г. Твери. Водоток Тверцы имеет хозяйственное значение и относится к водоёмам первой рыбохозяйственной категории (Об установлении категорий ..., 2009). Тверца пересекает многие районы Тверской обл. и придает неповторимый живописный облик природным ландшафтам.

На р. Тверце расположены многие населенные пункты, в том числе промышленные центры. Наиболее крупными среди них являются гг. Вышний Волочёк, Торжок и Тверь. В пределах этих городов вода в реке загрязнена производственными, хозяйственно-бытовыми и дождевыми стоками. Результаты региональных мониторинговых исследований последних лет показывают, что по уровню загрязнения (величина УКИЗВ) вода в р. Тверца в пределах гг. Торжок и Тверь относится к категориям загрязненной или очень загрязненной (класс качества воды равен 3а и 3б соответственно) (Государственный доклад ..., 2014, 2015). В воде выявлено превышение содержания по четырем из шести определяемых металлов (Fe, Mn, Cu, Zn) (Зими́на, Кузовлёв, 2013; Справка о состоянии ..., 2015). Отметим, что региональная экологическая программа наблюдений за загрязнением поверхностных вод не предусматривает выявление и определение большего числа металлов, в том числе имеющих антропогенное происхождение. Кроме того, оценка качества воды в р. Тверце ограничивается результатами исследований, проводимых всего на трех пунктах наблюдений (ПН) (в г. Твери – 1 ПН, в г. Торжке – 2 ПН). Очевидно, что на уровне регионального мониторинга охватить сетью наблюдений многочисленные населенные пункты и подавляющее большинство диффузных источников загрязнения невозможно (Рассказова, Бобылев, 2011). Эти «белые пятна» регионального мониторинга стали объектами регионального общественного экологического мониторинга. В этой связи проводимые исследования загрязнения р. Тверцы от истока до устья в пределах промышленных городов Тверской обл. представляют особый интерес.

Цель работы – оценка содержания металлов в р. Тверца в пределах ряда городов Тверской обл. (Вышний Волочек, Торжок и Тверь). Задачи: (а) анализ промышленной инфраструктуры городов для определения сети ПН для отбора проб воды на реке; (б) отбор проб воды и их анализ на содержание металлов с помощью атомно-эмиссионного с индуктивно связанной плазмой анализа (АЭС–ИСП–анализ).

Методика. Исследования на р. Тверца (от истока до устья) провели в весенний период 2016 г. в пределах трех городов – Вышний Волочек, Торжок и Тверь. Общее число ПН для отбора проб на р. Тверца составило 12: в г. Вышний Волочек – 2 (ПН 1–2), г. Торжок – 7 (ПН 3–9); г. Твери – 3 (ПН 10–12) (рис. 1). При выборе ПН на р. Тверца руководствовались данными о хозяйственной инфраструктуре городов, а также об основных источниках загрязнения в них (Генеральный план ..., 2012; Отраслевой анализ ..., 2010; Мейсунова, 2012; Государственный доклад ..., 2014, 2015; Паспорт города ...,

2014; Васильева, Мейсурова, 2015; Мейсурова, 2015; Инвестиционный паспорт ..., 2016; Официальный сайт ..., 2016). Выбранные ПН (1–12) охватывали основные места сброса и выброса загрязняющих компонентов промышленными и хозяйственными службами (табл. 1). Пробы воды в ПН (1–12) отбирали в соответствии с ГОСТ Р 51592–2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» (Вода ..., 2000).

Таблица 1

Характеристика ПН на р. Тверца и потенциальных источников загрязнения

ПО	Координаты	Расположение	Потенциальные источники загрязнения
1	57.578499"с.ш. 34.568147"в.д.	около ул. Затверецкая набережная, 59, по левой стороне от моста федеральной трассы М10	производственные стоки: легкая отрасль – ООО «Вышневолоцкий хлопчатобумажный комбинат»; ливневые стоки с автодорог; бытовые стоки
2	57.578453"с.ш. 34.576730"в.д.	около ул. Тверецкая набережная, по правой стороне от моста федеральной трассы М10	производственные стоки: пищевая отрасль – ООО «Вышневолоцкий мясокомбинат»; ливневые стоки с автодорог; бытовые стоки
г. Торжок			
1	57.081584"с.ш. 34.984454"в.д.	около Митинского лесопарка	бытовые стоки: санаторий «Митино»
2	57.064293"с.ш. 34.967609"в.д.	около ул. Пустынь	производственные стоки: машиностроение – ОАО «Пожтехника»; ливневые стоки с автодорог
3	57.044161"с.ш. 34.964486"в.д.	около ул. Мобилизационная наб., 7	производственные стоки: машиностроение – АО «Завод Марс», ОАО «Торжокский вагоностроительный завод», химическая отрасль – ТОО ООО «Шелл Нефть»; ливневые стоки с автодорог
4	57.038394"с.ш. 34.959787"в.д.	около ул. Новгородская наб., рядом с Входиеру-салимской церковью	производственные стоки: деревообрабатывающая отрасль – филиал ООО «СТОД», ООО «Торжокское предприятие щеточных изделий»; ливневые стоки с автодорог
5	57.027015"с.ш. 34.973682"в.д.	около ул. Красноармейкой	производственные стоки: пищевая отрасль: ОАО «Торжокский мясокомбинат», ОАО «Торжокский молочный комбинат»; ливневые стоки с автодорог
6	57.025202"с.ш. 34.980618"в.д.	в конце ул. Красноармейкой	производственные стоки: легкая отрасль – ЗАО «Торжокская обувная фабрика», ОАО «Торжокские золотошвей»; химическая отрасль – ОАО «Торжокский завод полиграфических красок»; ливневые стоки с автодорог
7	57.019709"с.ш. 34.985583"в.д.	Около Старицкого микрорайона	ливневые стоки с автодорог
г. Тверь			
1	56.891415"с.ш. 35.920304"в.д.	около ул. Тверидивидицкой, 38	производственные стоки: энергетическая отрасль – ТЭЦ-3 – ООО «Тверская Генерация»; ливневые стоки с автодорог; сельскохозяйственные стоки с полей
2	56.875820"с.ш. 35.916920"в.д.	около ул. Набережная р. Тверцы, 31, рядом с Красинским мостом	стоки ливневые с автодорог; бытовые стоки частного сектора
3	56.864412"с.ш. 35.919229"в.д.	место впадения р. Тверца в р. Волга (у Речного вокзала)	стоки ливневые с автодорог

В Центре коллективного пользования ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» провели АЭС–ИСП–анализ

отобранных проб воды. Определение содержания металлов провели с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой iCAP 6300 Duo (Thermo Scientific, USA). Повторность измерений каждой пробы воды была пятикратная. Обработку данных для получения средних величин осуществили с помощью компьютерной программы «MS Excel 2003» и специальной литературой (Светозаров, 2005; Игнатенко, Сдельникова, 2010). Полученные значения концентраций металлов в пробах из р. Тверца (ПН 1–13) сравнили со значениями ПДК для культурно-бытового водопользования (ПДК_{кб}) (Гигиенические нормативы ..., 2003, 2007). При отсутствии значений ПДК_{кб} ориентировались на значения ПДК для хозяйственно-питьевого водопользования (ПДК_{хп}), а также сведения о нормативах содержания металлов в других странах (Санитарно-эпидемиологические ..., 2002; Директива Совета..., 1998).

Результаты и обсуждение. С помощью АЭС–ИСП–анализа в пробах воды из р. Тверца (ПН 1–12) было обнаружено 25 металла (Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr): в пределах г. Вышний Волочек – 21, г. Торжок – 21, г. Тверь – 25 (табл. 2). Общими для проб воды из трех городов являются 19 металлов (As, Al, B, Ba, Bi, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Sb, Sn, Sr, Ti, V, W). С учетом экологической опасности выявленные металлы представляют четыре класса (Гигиенические нормативы..., 2003, 2007). Первый класс опасности составляют чрезвычайно опасные металлы (As); второй – высоко опасные (B, Ba, Bi, Cr, K, Li, Na, Sb, Se, Sr, W); третий – умеренно опасные (Al, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ti, V); четвертый – малоопасные (Ca, Sn). Для трех металлов (Ga, Ge, Zr) классы опасности не определены, равно как и их значения ПДК_{кб} (Гигиенические нормативы..., 2003, 2007).

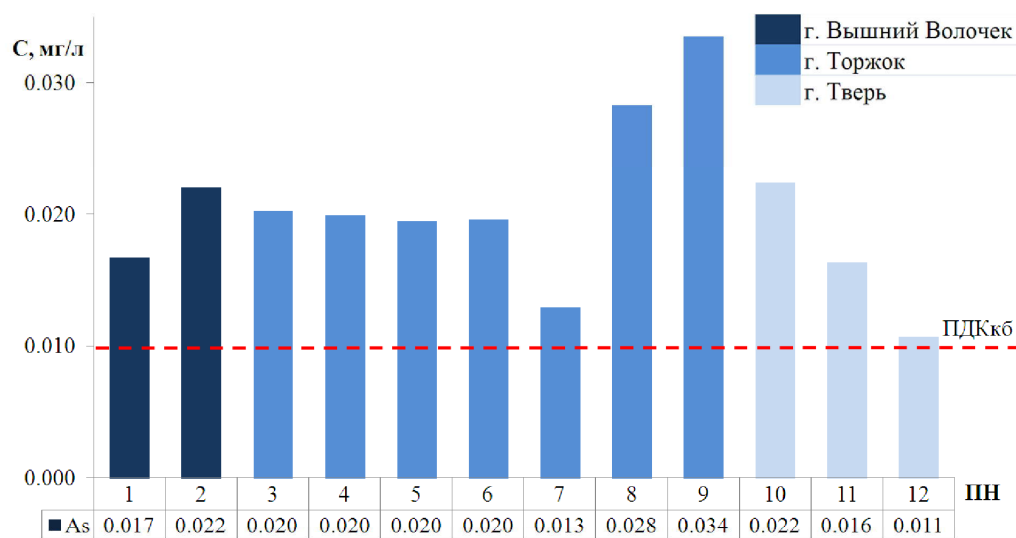
Количественный анализ проб воды (ПН 1–12) показал разный уровень содержания металлов в р. Тверца в изученных городах (табл. 2). По четырем металлам выявлено превышение значений ПДК_{кб}. Среди них чрезвычайно опасный (As), высоко опасные (Sb, Se) и умеренно опасный (Fe) металлы. Общими среди этих металлов для всех изученных городов являются мышьяк, сурьма и железо. Чрезвычайно токсичный мышьяк был обнаружен во всех пробах воды из р. Тверца (ПН 1–12) изученных городов. Средний уровень содержания мышьяка пробах в р. Тверце 0,020 мг/л, что превышает значений ПДК_{кб} в 2 раза (ПДК_{кб} по мышьяку составляет 0,01 мг/л). Концентрация мышьяка в отдельных пробах варьирует от 0,012 до 0,034 мг/л (рис. 2). Максимальные значения концентраций мышьяка отмечены в пробах из г. Торжка (ПН 8 – 2,83; ПН 9 – 0,034 мг/л); минимальное – в пробе из устья р. Тверца (ПН 12 – 0,011 мг/л). Уровень загрязнения воды мышьяком в пределах г. Торжок выше, чем в других исследованных городах.

Таблица 2
Значения концентраций металлов в р. Тверца и нормативные показатели этих элементов, мг/л

Металлы	ПН												Норматив	Класс опасности
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
As	0.0167	0.0220	0.0202	0.0199	0.0195	0.0196	0.0129	0.0283	0.0335	0.0224	0.0163	0.0107	0.01 ¹	1 ¹
Sb	-	0.0122	-	-	-	0.0080	-	0.0118	-	0.0137	0.0169	0.0112	0.005 ¹	2 ¹
Se	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0107	-	-	0.01 ¹	2 ¹
Li	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0009	0.0008	0.0009	0.0008	0.0009	0.0011	0.0009	0.03 ¹	2 ¹
W	0.0169	0.0107	0.0220	0.0330	0.0243	0.0279	0.0208	0.0244	0.0237	0.0311	-	-	0.05 ¹	2 ¹
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0003	-	0.05 ²	2 ²
Bi	-	0.0013	-	-	-	0.0045	-	-	-	-	0.0062	-	0.1 ¹	2 ¹
B	0.0958	0.0957	0.1010	0.0949	0.0946	0.0986	0.0917	0.1017	0.0960	0.0923	0.1005	0.0890	0.5 ¹	2 ¹
Ba	0.0218	0.0234	0.0379	0.0378	0.0380	0.0380	0.0381	0.0392	0.0397	0.0378	0.0410	0.0436	0.7 ¹	2 ¹
Sr	0.0551	0.0556	0.0649	0.0638	0.0672	0.0765	0.0693	0.0738	0.0738	0.0698	0.0918	0.0758	7 ¹	2 ¹
K	0.7639	0.8025	1.1830	1.1970	1.2970	1.7330	1.1870	1.4080	1.1740	1.8430	1.3710	1.3680	30 ¹	2 ¹
Na	1.8740	1.9230	2.1160	2.0190	2.2180	3.0390	2.2890	2.5250	2.3130	2.8790	3.1380	2.9050	200 ¹	2 ¹
Mo	0.0001	0.0005	-	0.0005	-	0.0004	0.0001	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004	0.07 ²	3 ²
V	0.0056	0.0056	0.0075	0.0071	0.0074	0.0086	0.0081	0.0080	0.0082	0.0081	0.0086	0.0116	0.1 ¹	3 ¹
Ti	0.0013	0.0013	0.0041	0.0043	0.0043	0.0042	0.0041	0.0040	0.0044	0.0024	0.0033	0.0050	0.1 ¹	3 ¹
Mn	0.0054	0.0048	0.0061	0.0051	0.0060	0.0039	0.0054	0.0044	0.0067	0.0145	0.0082	0.0085	0.1 ¹	3 ¹
Al	0.0062	0.0049	0.0531	0.0538	0.0546	0.0510	0.0527	0.0565	0.0630	0.0512	0.0673	0.0726	0.2 ¹	3 ¹
Cu	0.0119	0.0015	0.0010	0.0021	0.0015	0.0019	0.0014	0.0013	0.0015	0.0018	0.0020	0.0018	1 ¹	3 ¹
Mg	22.1000	22.1000	33.6000	32.9700	34.6300	38.9900	35.2500	36.9300	36.2300	43.3700	37.0800	35.3000	50 ¹	3 ¹
Fe	0.1006	0.0674	0.2092	0.2137	0.2117	0.1860	0.2074	0.2085	0.2160	0.1893	0.2720	0.4296	0.3 ¹	3 ¹
Sn	0.0220	0.0060	0.0730	0.0724	0.0718	0.0644	0.0740	0.0733	0.0818	0.0753	0.1085	0.1020	2 ¹	4 ¹
Ca	17.2700	17.2500	19.9500	19.7300	20.0600	21.5800	20.4000	20.7500	20.4700	13.8400	15.0000	21.0000	25-130 ³	4 ¹
Ge	-	нет	0.0008	0.0024	0.0021	0.0027	0.0018	0.0012	0.0009	0.0020	0.0031	0.0025	нет	нет
Ga	-	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	0.0009	0.0000	0.0026	нет	нет
Zr	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	0.0025	0.0032	0.0028	нет	нет

Примечание: ¹ – приведены значения ПДК_{кб} и класса опасности согласно Гигиеническому нормативу ГН 2.1.5.1315-03 (2003); ² – приведены значения ПДК_{кб} и класса опасности согласно Гигиеническому нормативу ГН 2.1.5.2280-07 (2007); ³ – приведены значения ПДК_{кш} согласно Санитарно-эпидемиологическим правилам СанПиН 2.1.4.1116-02 (2002).

Известно, что превышение нормативных значений по мышьяку характерно для многих природных водных объектов (Flagan et al., 2012). Высокие концентрации этого металла в пробах из истока и устья р. Тверца может указывать на естественное происхождение повышенных концентраций. Однако очевиден вклад и антропогенных источников. Мышьяк часто используют в технологических процессах по производству стекла, красителей, тканей, бумаги, консервантов для древесины, а также в дубильных процессах на кожевенных предприятиях. В этой связи, производственные сточные воды от таких предприятий, как ЗАО «Торжокская обувная фабрика», ОАО «Торжокский завод полиграфических красок», филиал ООО «СТОД» могут обуславливать максимальные значения концентраций мышьяка в пробах из ПН 8–9 (0,028 и 0,034 мг/кг) в пределах г. Торжок (табл. 1).



Р и с . 2 . Концентрация мышьяка в пробах из р. Тверца, мг/л

В отличие от мышьяка, высоко опасные сурьма и селен были обнаружены не во всех пробах из р. Тверца. Сурьма выявлена в половине проб воды из р. Тверца, но во всех изученных городах (ПН 2, 6, 8, 10–12). Средняя концентрация сурьмы в р. Тверца составляет 0,012 мг/л, что превышает значение ПДК_{к6} в 2,5 раза (ПДК_{к6} по сурьме составляет 0,005 мг/л). Концентрация сурьмы в отдельных пробах колеблется от 0,008 (1,6 ПДК_{к6}) до 0,017 мг/л (3,4 ПДК_{к6}). Максимальные значения концентраций сурьмы выявлены в пробах воды из г. Тверь (ПН 10 – 0,014 мг/л; ПН 11 – 0,017 мг/л); минимальные – в пробе из г. Торжка (ПН 6 – 0,008 мг/л). Высокий уровень загрязнения воды сурьмой характерен для г. Твери. Мозаичный характер встречаемости отдельных проб воды с сурьмой

из р. Тверца указывает на ее антропогенный источник происхождения. В каждом из изученных городов имеются потенциальные производства, сточные воды которых могут содержать сурьму (рис. 1; табл. 1). Источниками промышленного загрязнения вод сурьмой могут выступать производства спичек, резины, стекла, керамических эмалей и изделий, красок, полупроводников. Другим источником поступления сурьмы в природные воды могут быть сельскохозяйственные гербициды, в состав которых входит данный металл (Юрков, 2014). Применяемые в сельском хозяйстве гербициды могут вымываться талыми и дождевыми осадками в реки. По-видимому, наличие высоких концентраций сурьмы в отдельных пробах из г. Твери (ПН 10–12) является следствием попадания гербицидов с сельхозугодий, вымываемых дождями. В пригороде г. Твери – дер. Долматово (Михайловское сельское поселение Калининский район Тверской обл.), на левом берегу р. Тверца находится обширные сельхозугодия, снабженные системой мелиорации. До недавнего времени поля активно засевались зерновыми культурами – рожью, овсом, пшеницей и другими культурами (Жители Твери..., 2016).

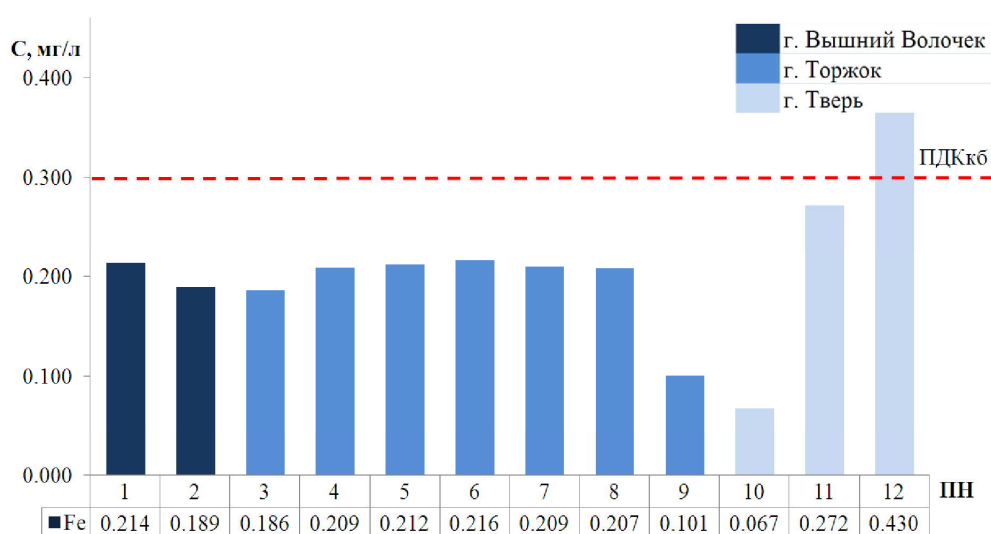
Другой металл – селен был зарегистрирован в единственной пробе воды взятой также из г. Твери (ПН 10). Его концентрация незначительно превышает норму (ПДК_{кб} по селену составляет 0,01 мг/л) и составляет 0,012 мг/л. Как и сурьма, селен может поступать в р. Тверца (ПН 10) с сельскохозяйственных полей. Известно, что внесение селена в почву при выращивании зерновых культур увеличивает массу зерна и соломы (Надежкина, 2015).

Железо – умеренно опасный металл, он отмечен в пробах из всех ПН (1–12). Его среднее содержание ниже значения ПДК_{кб} и составляет 0,209 мг/л в р. Тверца (ПДК_{кб} по железу составляет 0,3 мг/л). Однако в одной из отдельных проб концентрация железа выше нормы в 1,5 раза и составляет 0,429 мг/л (ПН 12) (рис. 3). Спектр потенциальных антропогенных источников загрязнения воды этим металлом широк – предприятия металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности, а также сельскохозяйственные стоки (рис. 1; табл. 1).

Согласно данным АЭС–ИСП–анализа содержание других металлов (Al, B, Ba, Bi, Ca, Cr, Cu, Ga, Ge, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr) в пробах из изученных городов (ПО 1–12) не превышает нормативных значений (ПДК_{кб}) (табл. 2). Однако отметим, что максимальные значения концентраций имеют большинство металлов в пробах из г. Твери (ПН 11–12), минимальные, наоборот, из истока реки в г. Вышний Волочек (ПН 1–2) (табл. 2).

Таким образом, с помощью АЭС–ИСП–анализа в пробах воды из р. Тверца обнаружили 25 металлов (Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cr, Cu, Fe, Ga,

Ge, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr). Выявленные металлы представляют четыре класса экологической опасности – чрезвычайно опасные, высоко опасные, умеренно опасные и малоопасные металлы. По трем металлам (Ga, Ge, Zr) классы опасности не определены. Спектр выявленных металлов в р. Тверца в пределах изученных промышленных городов схож. Общими металлами для всех изученных городов являются 19. Концентрация большинства металлов в пробах ниже нормативных показателей (Al, B, Ba, Bi, Ca, Cr, Cu, Ga, Ge, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr). Однако по четырем металлам имеются превышения значений ПДК_{кб} (As, Sb, Se, Fe).



Р и с . 3 . Концентрация железа в пробах из р. Тверца, мг/л

Данные качественного и количественного анализа показывают, что вода в р. Тверца в большей степени загрязнена в пределах г. Твери. В пробах воды обнаружено 25 металлов, из них селен, хром, галлий и цирконий не обнаружили в пробах из других изученных городов. Большинство выявленных металлов в пробах из г. Твери имеют максимальные значения концентраций, в том числе по металлам, концентрация которых выше нормативных показателей (Sb, Se, Fe). Основными источниками загрязнения металлами, концентрация которых выше ПДК_{кб}, являются производственные стоки промышленных предприятий, а также сельскохозяйственные объекты. В связи с этим, следует усилить контроль соблюдения нормативов, ужесточить систему штрафов и ответственности за их нарушение. Целесообразно продолжение мониторинговых наблюдений в данном водотоке.

Заключение. С помощью АЭС–ИСП–анализа в р. Тверца в пределах изученных городов (Вышний Волочёк, Торжок и Тверь) было обнаружено 25 металлов (Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr). Содержание большинства металлов в р. Тверца не превышает нормативные значения. По четырем металлам (As, Sb, Se и Fe) выявлено превышение значений ПДК_{кб}. В р. Тверце в пределах г. Твери отмечен повышенный уровень загрязнения металлами. Основными источниками загрязнения водотока являются производственные стоки промышленных предприятий, а также сельскохозяйственные объекты.

Список литературы

- Васильева К.С., Мейсунова А.Ф.* 2015. Оценка загрязнения тяжёлыми металлами р. Волга и её притоков в г. Твери // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии: Материалы I Междунар. науч. практ. конф. (г. Тверь, март 2015 г.). Тверь: Твер. гос. технол. ун-т. С. 141-144.
- Генеральный план* города Твери // Материалы по обоснованию проекта. 2012. Т. II. 159 с.
- Гигиенические нормативы* ГН 2.1.5.2280-07 «Дополнения и изменения N 1 к гигиеническим нормативам «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03». 2007. Утв. 28.09.2007, № 75, введен в действие 15.12. 2007 г.
- Гигиенические нормативы* ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». 2003. Утв. 27.04.2003г.», введен в действие 15.06. 2003 г.
- ГОСТ Р 51592-2000* Вода. 2000. Общие требования к отбору проб / 2001–07–01М.: ИПК Издательство стандартов. 57 с.
- Государственный доклад* о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2013 году. 2014. М.: Министерство природных ресурсов и экологии. 143 с.
- Государственный доклад* о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2014 году. 2015. М.: Министерство природных ресурсов и экологии. 91 с.
- Директива Совета* 98/83 ЕС о качестве воды, предназначенной для употребления людьми. 1998. Утв. 03.11.1998г.
- Жители Твери* и области просят Президента РФ и врио губернатора не позволить застройку берега Тверцы близ Долматово // ТВЕРЬ–НОВОСТИ 24. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tver24.com/2016/03/zhiteli-tveri-i-oblasti-prosyat-prezidenta-rf-i-vrio-gubernatora-ne-pozvolit-zastroyku-berega-tvertsyi-bliz-dolmatovo/>.
- Зимина Т.Ю., Кузовлёв В.В.* 2013. Мониторинг окружающей среды в Тверской области в системе Росгидромета // Охрана окружающей среды в

- Тверской области: матер. Тверской регион. конф. по охр. окруж. ср. Тверь: Изд-во Управление Росприроднадзора по Тверской обл. С. 34-37.
- Игнатенко Г.К., Сдельникова Г.К. 2010. Статистическая оценка данных экологического мониторинга с применением EXCEL. Москва: МИФИ. 124 с.
- Инвестиционный паспорт г. Торжок (Тверская область РФ). 2016. Торжок: Администрация г. Торжок. 27 с.
- Мейсунова А.Ф. 2012. Эпифитные лишайники промышленных районов Тверской области. Тверь: Твер. гос. ун-т. 186 с.
- Мейсунова А.Ф. 2015. Анализ содержания металлов в пробах воды на гидрологических объектах г. Твери // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 3. С. 182-192
- Надежкина Е.С. 2015. Экологический эффект селена при загрязнении почвы тяжелыми металлами // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. № 9. С. 57–60.
- Отраслевой анализ экономики Тверской области. Тверь, 2010. 152 с.
- Официальный сайт г. Вышний Волочек. 2016: экономика, финансы и социальная сфера. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://v.volochekadm.ru/index>.
- Паспорт города Твери. 2014. М.: Администрация города Твери. 34 с.
- Приказ Рыболовства от 17.09.2009 № 818 «Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства».
- Рассказов Н.С., Бобылев А.В. 2011. Некоторые проблемы регионального экологического мониторинга и современные пути их решения // Вестник ОГУ. № 12 (131). С. 233-235.
- Река Тверца // Официальный сайт Министерства экономического развития Тверской области. 2013. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://welcometver.ru/sights/20>.
- Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества». 2002. Утв. 19.03.2002, № 12, введен в действие 26.04.2002 г.
- Светозаров В.В. 2005. Основы статистической обработки результатов измерений: учеб. пос. М.: Изд-во МИФИ. 40 с.
- Справка о состоянии и загрязнении окружающей среды на территории Тверской области в октябре 2015 года. 2015. Тверь: Тверской ЦГМС – филиал ФГБУ «Центральное УГМС». 20 с.
- Юрков А.А. 2014. Влияние погодных условий и антропогенных факторов на эффективность гербицидов // Студенческий научный форум: VI междунар. студ. электр. науч. конф. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2014/766/1253>.
- Flanagan J.E., Landa R., Bhat A., Bauman M. 2012. Head lag in infants at risk for autism: A preliminary study // American journal of occupational therapy. № 66. P. 577-585.

METAL POLLUTANTS IN THE WATERS OF TVERTSA RIVER (TVER REGION, RUSSIA)

A.F. Meysurova

Tver State University, Tver

Numerous tributaries generally define the level of pollution of larger rivers. Unfortunately, the system of regional monitoring in Russian does not always cover those tributaries, being focused on large waterbodies. The monitoring of smaller waterbodies can be effectively carried out by the social ecological monitoring programs. As a part of such monitoring we conducted the inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES) to evaluate the content of metals in the waters of Tvertsa River, one of the tributes of Volga River in Tver Region. We detected 25 metals (Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Zr) in the waters, taken in the ranges of three large cities of the Region. Most of the metals did not exceed the norms of concentrations set in Russian Federation. Four of them (As, Sb, Se и Fe) did, though. The highest concentrations of metals in the waters were recorded for the largest city of the region, its capital, Tver.

Keywords: *ICP-AES, metals, water pollution, Tvertsa river, Tver region, industrial centers, Vishny Volochek, Torzhok, Tver.*

Об авторе

МЕЙСУРОВА Александра Федоровна – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: alexandrauraz@mail.ru

Мейсуро́ва А.Ф. Содержание металлов в пробах воды из реки Тверца (Тверская область) / А.Ф. Мейсуро́ва // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2016. № 4. С. 329-339.